

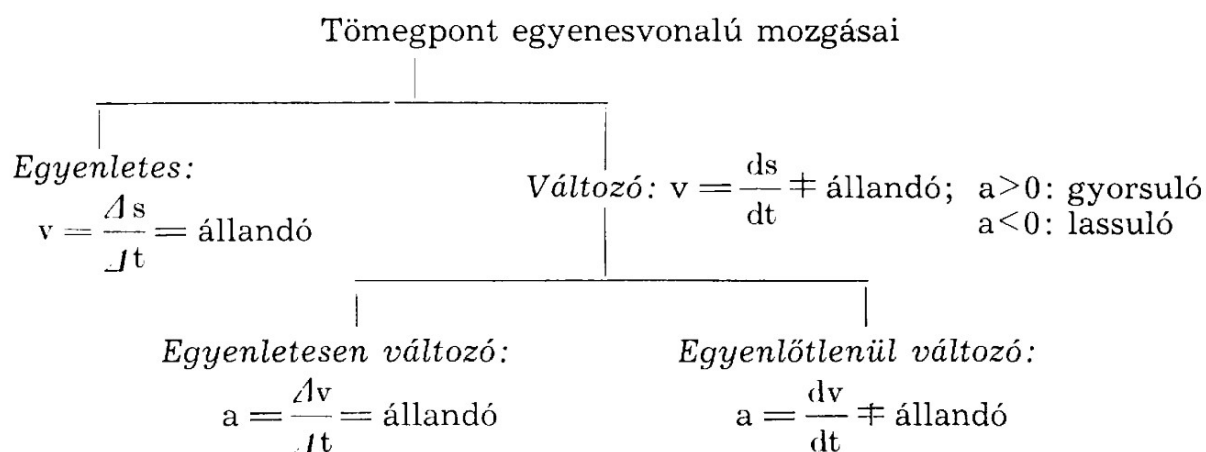
A TÖMEGPONT DINAMIKÁJÁNAK FELÉPÍTÉSE A MOZGÁSMENNYISÉG MEGMARADÁSÁNAK ELVÉRE

DR. MÁRKUS JENŐ

(Közlésre érkezett: 1974. december 11.)

A mechanikában a fizika olyan jelenségeivel foglalkozunk, amelyeknél az anyagnak csak „tömeg” tulajdonságát vesszük figyelembe, az anyag csak „tömeg”-ként jelentkezik. Így e tulajdonság lehet a mechanikai jelenségek leírásának kiindulópontja. Ehhez szorosan kapcsolódik a tömegnek tér- és időbeli jelentkezése a természetben, vagyis egyrészt a térfogat, mint fizikai mennyiség, másrészt a nyugalmi állapot és a mozgás valamilyen vonatkoztatási rendszerhez viszonyítva. E két utóbbi sajáttság képezte az eddigiekben is a fizikai megismerés kiindulópontját, de — helytelenül — az anyagtól, a tömeg elsődlegességétől elválasztva. E három, szorosan egymáshoz kapcsolódó fizikai alapmennyiség mértékegységeinek és mérésformájának megadásával a két mechanikai mértékegységrendszer (CGS és MKS) is megalapozható.

A mozgásjelenségek megismeréséhez és leírásához a tömegnek ezen elsődleges fogalmából leszarmaztatható a tömegpont fogalma, s leírhatók a tömegpont különböző mozgásai, amelyeket a tanításnál az egyenesvonalú mozgások esetén az alábbi csoportokba szokás osztani:



A tömegpont dinamikáját a dinamika négy alaptörvénye vezeti be. Az első, a tehetetlenség törvénye Galileitől, illetve Newtontól származik, s

azt foglalja magában, hogy a magára hagyott (a környezettől izoláltnak tekintett) tömegpont „ \bar{v} ” sebessége önmagától nem változik meg. A newtoni mechanikában (amely a fizikai megismerés kezdeti lépcsőfoka) a tömeg számértéke időben állandó nagyságú a mozgásjelenségekkel kapcsolatban. Ezért a tehetetlenség törvénye az

$$\bar{I} = m \cdot \bar{v} = \text{állandó}$$

mozgásmennyiség segítségével adható meg: a tömeg mozgásmennyisége önmagától nem változik meg. Ebben elsődlegesen már jelentkezik az „izolált” tömegre a mozgásmennyiség megmaradásának elve.

A dinamika II. alaptörvénye a természet összefüggő egysége alapján elveti a tömeg „izolálhatóságának” lehetőségét. A kiszemelt (figyelembe vett) „ m ” tömegpontra a „környezetében levő” más tömegpontok hatással vannak. Ez a hatás abban jelentkezik, hogy az „ m ” tömegpont „ \bar{I} ” mozgásmennyisége időben változik. A hatás nagyságát a mozgásmennyiség pillanatnyi változásával mérhetjük, vagyis a

$$\frac{d\bar{I}}{dt} = \frac{d}{dt}(m \cdot \bar{v})$$

differentiálhányadossal, amely a newtoni mechanikában

$$= m \cdot \frac{d\bar{v}}{dt} = m \cdot \bar{a}$$

alakban írható. A

$$\frac{d\bar{I}}{dt} = m \cdot \bar{a} = \bar{F}$$

egyenlet az erő fogalmát, mint az „ m ” tömegpontra a környezetében levő tömegek mozgásmennyiség-változtató hatását definiálja. (Az erő dinamikai hatása.) Ezen erődefiníció lehetőséget ad az erő fizikai egységeinek (dyn; newton) megadására, valamint az erő és a tömeg számértékének mérésére dinamikai úton.

Ha ugyanazon „ m ” tömegen az egymás után ható „ F_1 ” és „ F_2 ” erők azon „ a_1 ” és „ a_2 ” gyorsulásokat hoznak létre, az

$$m = \frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2}$$

összefüggésből

$$F_1 = \frac{a_1}{a_2} \cdot F_2.$$

Az „ F_2 ”-t erőegységnek választva,

$$F_1 = \frac{a_1}{a_2} \text{ erőegység.}$$

Ha ugyanazon „F” erő egymás után „m₁” és „m₂” tömegekre hat,

$$F = m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2$$

összefüggésből

$$m_1 = \frac{a_2}{a_1} \cdot m_2.$$

Az „m₂”-t tömegegységnek választva,

$$m_1 = \frac{a_2}{a_1} \cdot \text{tömegegység}.$$

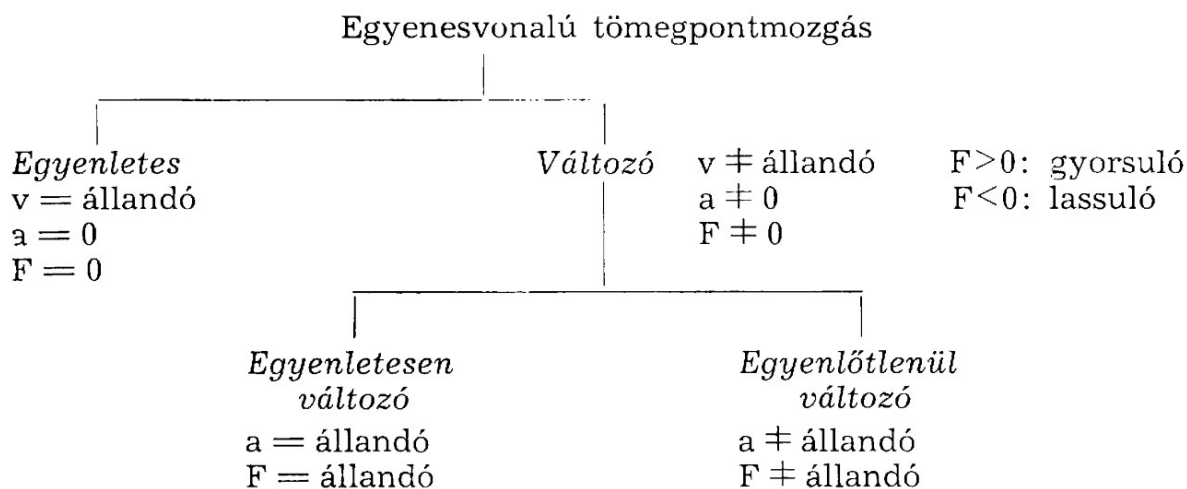
Az erő és a tömegegység megválasztásával az erő és a tömeg dinamikai úton, a gyorsulások mérésével meghatározható.

Az

$$m = \frac{F}{a}$$

hányadosban a tehetetlenség, mint a tömeg tulajdonsága jelentkezik: a gyorsításhoz, a tömeg mozgásmennyiségének megváltoztatásához más tömegek hatása szükséges.

Az $\bar{F} = m \cdot \bar{a}$ mozgásegyenlet és a kinematikában megismert egyenesvonalú tömegpontmozgások csoportosításának összekapcsolásával megadhatók az egyenesvonalú tömegpontmozgások dinamikai feltételei.



A tömegpont mozgásai között megismert „szabadesés”-t, mint egyenletesen gyorsuló mozgást a fentiek szerint egy állandó nagyságú erő hozza létre. Ez pedig

$$G = m \cdot g,$$

a test súlya. A súly a szabadesést létrehozó erő. A súly fogalma így először dinamikai vonatkozásban jelentkezik: a Földnek, mint tömegnek, a környezetében levő tömegekre kifejtett mozgásmennyiség változtató ha-

tása. A súly ezen fogalmának megismerésével lehetőség adódik az erő gyakorlati egységeinek megismerésére (kpond; pond).

A dinamika III. alaptörvénye a tömegpontok egymásra gyakorolt hatását azon szempontból vizsgálja, hogy nemcsak a kiszemelt „m” tömegpontra vannak hatással a környezetben levő tömegpontok, hanem „m” is hatással van azokra. Csak két tömegpont esetében és abszolút értékre:

$$\text{ha } m_1 \text{ mozgásmennyisége } I_1 = m_1 \cdot v_1$$

$$m_2 \text{ mozgásmennyisége } I_2 = m_2 \cdot v_2$$

kölcsönhatásnál

$$F_1 = \frac{dI_1}{dt} = m_1 \cdot a_1$$

és

$$F_2 = -\frac{dI_2}{dt} = m_2 \cdot a_2$$

erőhatások egyenlő nagysága, de ellentétes iránya:

$$m_1 \cdot a_1 = -m_2 \cdot a_2,$$

a mozgásmennyiség megmaradáselvének két kölcsönhatásban levő tömegpontra való kiterjesztése, amelyet egy „izolált” tömegpontra a dinamika első alaptörvénye már megfogalmazott. Ebből ugyanis minden nehézség nélkül adódik az

$$m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' = m_1 \cdot v_1'' + m_2 \cdot v_2''$$

összefüggés, ahol:

$$\frac{v_1' - v_1''}{\Delta t} = a_1; \quad \frac{v_2' - v_2''}{\Delta t} = a_2,$$

ha „ Δt ” a két tömegpont kölcsönhatásának ideje.

További általánosítással ez a mozgásmennyiség megmaradás-elvéhez vezet, zárt tömegpontrendszerre.

A dinamika IV. alaptétele, az erőhatások szuperpozíciója, az erők összegezésének dinamikai vonatkozása. Az erőhatások szuperpozíciója azt mondja ki, hogy ha „m” tömegpontra egyidejűleg $F_1, \dots, F_k, \dots, F_n$ olyan erőhatások működnek, amelyek önmagukban $\bar{a}_k = \frac{\bar{F}_k}{m}$ gyorsulást hoznának

létre, az egyidőben történő erőhatás következtében létrejövő gyorsulás: $\bar{a} = \sum \bar{a}_k$. Tekintetbe véve, hogy adható olyan erő, amelyre:

$$\bar{F} = m \cdot \bar{a},$$

ahol

$$\bar{a} = \sum \bar{a}_k = \sum \frac{\bar{F}_k}{m} = \frac{1}{m} \cdot \sum \bar{F}_k$$

$$\bar{F} = \sum \bar{F}_k$$

az eredő erő dinamikai fogalmára mutat: „ F_k ” erőrendszer eredőjén

($F = \sum F_k$) olyan erőt értünk, amely az „m” tömegponton önmaga olyan gyorsulást hoz létre, mint az „ F_k ” erők egyidejű együttes hatása. A szuperpozíció is magába foglalja a mozgásmennyiség megmaradásának elvét: az „ m_k ” tömegpontösszeesség által egyidejűleg létrehozott mozgásmennyiség-változtató hatások összegeződnek.

E rövid leírásban egy lehetőséget szerettem volna mutatni arra, hogy a newtoni mechanikában a tömegpont dinamikája felépíthető a mozgásmennyiség-megmaradás elvére, mint az egyik általános természeti alapelvre. E felépítésben az erő a tömeg egyik tulajdonságaként jelentkezik: a más tömegekre való hatás, mint a természet egységének, az izolálhatatlanságnak egyik jelentkezési formája. Ugyancsak lehetőséget ad e felépítés a tömegpont dinamika és sztatika teljes szétválasztására, amely az eddigi oktatási formák felépítésében mindig is — egy kissé illogikusan — keveredett egymással. E felépítésben alapvetőlegesen a „tehetetlenség” jelentkezik alaptörvényként, mint az „izolált tömeg”-re megfogalmazott mozgásmennyiség-megmaradás elv. A további alaptörvények ennek kiterjesztésével foglalkoznak, és azt fejezik ki, hogy a természet összefüggő egész, a természetben jelentkező tömegek egymástól nem izolálhatók, hatással vannak egymásra. A dinamika további alaptörvényei megismertetnek e hatások közül a mozgásmennyiség-változtató hatással (II. alaptörvény), e hatások kölcsönösségével (III. alaptörvény), és e hatások összegeződésével (IV. alaptörvény).

Jelen dolgozat célja a tömegpont dinamikájának egy elvi felépítésmódja volt. Az ezen felépítés szerinti oktatás kísérletei egy további dolgozat tárgyát képezik.

Ez úton is megköszönöm dr. Aczél Istvánné minisztériumi főelőadónak a dolgozattal kapcsolatos diszkussziókat és értékes lektori megjegyzéseit.

IRODALOM

Fényes Imre: Fizika és világnézet. (Kossuth Könyvkiadó, 1966.)